

Universidad de Lima
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Industrial



DYSEERGONOMIC RISK MANAGEMENT MODEL TO IMPROVE WELDING PRODUCTIVITY USING THE NORDIC QUESTIONNAIRE AND THE REBA AND NIOSH METHODS: CASE OF THE METAL- MECHANIC SECTOR IN LIMA, PERÚ

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Andrea Fernanda Lara Lezcano

20163218

Sebastian Pizarro Vasquez

20163443

Asesor

Carlos Augusto Lizárraga Portugal

Lima – Perú

Octubre de 2024

Propuesta
Carrera Ingeniería Industrial

Título:

Dysergonomic Risk Management Model to improve welding productivity using the Nordic Questionnaire and the REBA and NIOSH methods: Case of the metal-mechanic sector in Lima, Peru

Autor(es)

Andrea Lara Lezcano
Sebastian Pizarro Vásquez

Resumen: Debido a la naturaleza de las actividades realizadas, la posición de soldadura en los procesos metal-mecánicos expone a sus trabajadores a diversos riesgos que generan daños severos a su seguridad y salud, afectando tanto al trabajador como a la empresa debido a la pérdida de horas hombre por licencias médicas que impactan en una menor productividad, así como pérdidas económicas. El riesgo disergonómico merece atención especial debido a la alta frecuencia y graves consecuencias de los Traumatismos Musculo-esqueléticos que puede generar en los trabajadores, y en este sentido, el objetivo de la investigación es mejorar la productividad de la posición de soldadura mediante la prevención del riesgo disergonómico, proporcionando un modelo de gestión de salud ocupacional para su aplicación. Mediante el Cuestionario Estandarizado Nórdico, se realizó el análisis de los síntomas musculo-esqueléticos, seleccionando como objeto de estudio las actividades de soldadura realizadas para la modificación de cucharones de excavadora, observando como factores de riesgo el esfuerzo postural y el traslado manual de piezas, a partir de los cuales se seleccionaron los métodos REBA (Evaluación Rápida de Todo el Cuerpo) y NIOSH (Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional) para la evaluación del riesgo disergonómico. En conclusión, se ha logrado un aumento del 11% en los niveles promedio de productividad.

Palabras Clave: Traumatismo musculo-esquelético, ergonomía, productividad, salud ocupacional, mejora de la estación de soldadura

Abstract: Due to the nature of the activities performed, the welding position in the metal-mechanical processes exposes its workers to various risks that generate severe damage to their safety and health, affecting both the worker and the company due to the loss of man hours due to medical breaks that impact on lower productivity, as well as economic losses. Dysergonomic risk deserves special attention due to the high frequency and severe consequences of Musculoskeletal Trauma that it can generate in its workers, and in this sense the objective of the research is to improve the productivity of the welding position through the prevention of dysergonomic risk by providing an occupational health management model for its application. By means of the Nordic Standardized Questionnaire, the analysis of musculoskeletal symptoms was carried out, selecting as object of study the welding activities performed for the modification of excavator buckets, observing as risk factors the postural effort and the manual shuffling of parts, from which the REBA (Rapid Entire Body Assessment) and the NIOSH (The National Institute for Occupational Safety and Health) methods were selected for the evaluation of the dysergonomic risk. In conclusion, an 11% increase in average productivity levels has been achieved.

Keywords: Musculoskeletal trauma, ergonomics, productivity, occupational health, welding station improvement.

Línea de investigación IDIC – ULIMA:

Work Design & Human Factor | Productividad y empleo

Área y Sub-áreas de Investigación:

Ergonomics and Human Factor - Ergonomic Basics

Ergonomics and its areas of application in a work system

Objetivo (s) de Desarrollo Sostenible (ODS):

ODS 3, Salud y Bienestar; ODS 8, Trabajo decente y crecimiento económico y empleo

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La ergonomía es una prioridad para los lugares de trabajo, ya que es una herramienta útil para mejorar la productividad y reducir los costos operativos, por lo que se considera una inversión y no un gasto. La normativa legal peruana es exigente en relación con la eliminación de los riesgos laborales presentes en las actividades de trabajo, como en el caso de la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, que establece que es obligación del empleador "garantizar la seguridad y salud de los trabajadores en el desempeño de todos los aspectos relacionados con su trabajo, en el lugar de trabajo o con ocasión de este" (Congreso de la República, 2011, Ley No. 29783), por lo que se deben adoptar las acciones de control necesarias, siendo precisamente que las prácticas ergonómicas reciban especial atención y que en el caso peruano se expresa en la Norma Básica de Ergonomía y Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico, señalando que independientemente de la naturaleza de las actividades realizadas en la empresa, deben incorporar la evaluación ergonómica como un componente de los procesos preventivos orientados a mejorar la productividad (Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, Resolución Ministerial 375-2008-TR).

Por otro lado, las condiciones ergonómicas de las actividades realizadas en el sector metal-mecánico son diversas e involucran tareas con manejo manual de cargas pesadas, movimientos repetitivos frecuentes, posturas forzadas, entre otros factores, cuyas consecuencias son trastornos musculoesqueléticos; una situación que si se ignora y no se controla a tiempo puede generar daños crónicos y graves, y el empleador tomaría acciones correctivas cuando observa que esto puede afectar económicamente a la organización. La empresa del sector metal-mecánico en la que se realizó el estudio lleva compitiendo en el sector durante 16 años y se encuentra en la provincia de Callao, brindando servicios de fabricación y reparación para el acero y otros metales, realizando tareas de soldadura, fresado y torneado: torneado y enfrentado. Al observar sus procesos, se encontró que no realizan la evaluación de riesgos laborales, mostrando que entre los años 2020 a 2021 han registrado en los diferentes trabajos entre un 3% y un 5% de pérdida de horas programadas en el mes debido al absentismo y los tiempos de ejecución de tareas han aumentado en un promedio del 11%, en ambos casos como resultado de lesiones por cargas posturales (dolores de cuello y espalda) dañando operativamente a la empresa, reduciendo su capacidad de producción y elevando sus costos.

Cualquier inversión realizada para lograr lugares de trabajo libres de riesgos laborales no solo beneficiará a los trabajadores, sino que generalmente también generará ahorros para la empresa.

Los estudios de factores de riesgo disergonómico deben centrarse en prevenir las consecuencias que podrían afectar la salud y seguridad de los trabajadores, sin embargo, entendiendo que cualquier intervención debe estar en el marco de la gestión integral de la empresa porque implica costos e inversiones, por lo que es esencial evaluar y priorizar las acciones que tengan un impacto favorable en los objetivos de la organización permitiendo logros en el cumplimiento de normas, reducción de costos y riesgos, mejora en la seguridad y salud, calidad y productividad, etc. (García et al. 2011).

OBJETIVOS

La investigación tiene como objetivo proponer un modelo de gestión de riesgo disergonómico para mejorar la productividad en soldadura utilizando el Cuestionario Estándar Nórdico y los métodos REBA y NIOSH.

Específicamente, se proponen los siguientes objetivos:

- Utilizar el cuestionario estándar nórdico para identificar las tareas críticas con mayor exposición a Traumas Musculoesqueléticos en los técnicos de soldadura.
- Al reducir el tiempo promedio para completar tareas, mejorar la eficiencia de producción en más de un 10%.
- Mejorar la productividad en al menos un 1.5% mediante la reducción.
- Reducir el absentismo debido a Traumas Musculoesqueléticos en menos del 1% de las horas programadas mensualmente.

JUSTIFICACIÓN

Las palabras griegas *ergon* (trabajo) y *nomos* (leyes) definen el concepto de ergonomía como una disciplina científica que estudia la relación entre el hombre y su entorno laboral, proporcionando conocimiento sobre las capacidades y limitaciones del trabajador para integrarlas en el diseño del trabajo, su entorno, herramientas, materiales, métodos y organización (Macdonald y Oakman 2021; Torres y Rodríguez 2021). En el lugar de trabajo, se han identificado varios factores de riesgo disergonómico o requisitos físicos debido a posturas, fuerza o movimientos, que consisten en sobrecarga física, movimientos repetitivos, posturas forzadas, movimientos de torsión y flexión, posturas estáticas, entre otros, los cuales, cuando son mayores que la capacidad de respuesta de la persona, pueden causar lesiones musculoesqueléticas (Vernaza-Pinzón y Sierra-Torres 2005). Estudios previos han encontrado que la principal dolencia es el dolor lumbar, que resulta en un empobrecimiento de la calidad de vida del trabajador, estrés psicológico y discapacidad, además de ser la "principal causa de pérdida de años productivos" (De Luca et al. 2022). Según la Norma Básica de Ergonomía y Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico (Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, Resolución Ministerial 375-2008-TR), para iniciar una intervención ergonómica se debe identificar la presencia de factores de riesgo disergonómico significativos, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Identificación de factores de riesgo importantes

Factor de riesgo	Naturaleza de la tarea
Posturas incómodas	Por más de 2 horas durante la jornada laboral: Espalda inclinada hacia adelante más de 30° y/o espalda extendida más de 30°.
Levantamiento frecuente	Por más de 2 horas durante la jornada laboral: 25 kg más de doce veces/hora y/o 40 kg una vez al día.
Distensión de mano y muñeca	Durante más de 2 horas durante la jornada laboral: muñecas flexionadas extendidas, rotadas o lateralizadas, agarrando con fuerza.
Movimientos repetitivos muy frecuentes	Durante más de 2 horas durante la jornada laboral: movimientos musculares en cuello, hombros, codos, muñecas, manos, etc. más de 4 veces/min.
Impacto repetido	Por más de 2 horas durante la jornada laboral: uso de manos o rodillas a modo de martillo más de 10 veces por hora.
Mano- brazo moderado a alto	Nivel de vibración moderado: más 30 min/día; nivel alto: más 2 horas/día

La reducción de riesgos disergonómicos, razón de lesiones musculoesqueléticas, es de muy alta importancia debido a ser la principal causa de absentismo laboral, costo por discapacidad, déficit en la productividad y problemas en la sociedad, debido a la salud del trabajador (Medina-Chacón, 2020). Además, se debe considerar que factores como el apoyo social o la satisfacción laboral pueden contribuir a la ausencia de síntomas, mientras que altas demandas físicas y psicológicas pueden contribuir al desarrollo de síntomas de trastornos musculoesqueléticos (Bispo et al., 2022), afectando al trabajador física y psicológicamente. Los trabajadores más expuestos a estos riesgos disergonómicos son aquellos que trabajan en el área industrial, quienes tienen actividades diarias altamente técnicas y físicamente exigentes. Además, la manipulación manual de materiales es la principal tarea de riesgo, enfatizando la elevación y empuje de cargas, tareas en las que las malas posiciones corporales causan daño al trabajador y a su capacidad de producción (Rajendran et al., 2020; Lin et al., 2022; Smith et al., 2022).

Para una primera inspección ergonómica del puesto de trabajo, se recomienda, según el investigador, el cuestionario nórdico, que permite a los usuarios afectados responder preguntas asociadas con sus estaciones de trabajo y el dolor o malestar musculoesquelético que esto les genera (Vachinska et al., 2022). También se afirma que su aplicación permite obtener datos sobre la sintomatología previa al inicio de una enfermedad, para que, basándose en esta evaluación, se decida si realizar un análisis más profundo de estas dolencias (Adiyanto et al., 2021).

DISEÑO METODOLÓGICO

Es importante señalar que la determinación de las técnicas de evaluación más adecuadas dependerá del nivel de factores de riesgo disergonómico a los que esté expuesto el trabajador al realizar las tareas específicas que corresponden a su trabajo y, en ese sentido, la evaluación debe analizar cada tarea específicamente utilizando la técnica que mejor se adapte a ese propósito. En la posición de técnico de soldadura, tras observar sus actividades, se encontró que la tarea de modificar cucharones de excavadora exponía a los trabajadores a factores de riesgo disergonómico debido a la tensión postural y la manipulación manual de cargas; se utilizaron los siguientes métodos para llevar a cabo la evaluación: (a) el Cuestionario Nórdico Estandarizado para el análisis de síntomas musculoesqueléticos; (b) el Método de Evaluación Rápida de Todo el Cuerpo (REBA) para evaluar la tensión postural; y (c) el Método del Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) para evaluar la manipulación de cargas.

El Cuestionario Nórdico Estandarizado para el análisis de síntomas musculoesqueléticos

Presenta cuestionarios estandarizados desde un punto de vista ergonómico o de salud ocupacional, utilizando preguntas sobre los síntomas más frecuentemente presentes en un entorno laboral. Estos cuestionarios, uno general y otro específico, permiten la identificación de molestias generales, lumbares y en el cuello/hombros, resultando en una herramienta diagnóstica del entorno laboral y el lugar de trabajo, facilitando el diseño de soluciones para mejorar un lugar libre de riesgos disergonómicos para el trabajador (Kuorinka et al., 1987).

Método de Evaluación Rápida del Cuerpo Entero (REBA)

El método REBA permite establecer si es necesario tomar acciones para reducir el esfuerzo involucrado en ciertas posturas de trabajo dinámicas y estáticas impredecibles, evaluando los componentes posturales, de carga y de agarre, proporcionando al evaluador la información para centrarse en las acciones preventivas requeridas por la tarea (Asensio-Cuesta et al., 2012, Hignett y McAtamney et al., 2000).

Método del Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH)

Este método, mediante la ecuación de NIOSH, permite evaluar tareas en las que se realiza la elevación de cargas, determinando el valor máximo permisible de peso RWL (Límite de Peso Recomendado) y el IL (Índice de Levantamiento) para evitar posibles Trastornos Musculoesqueléticos (Andrés y Guarch, 2001).. El Límite de Peso Recomendado es el producto del Factor de Carga Constante establecido en 23 kilogramos (LC); el Factor de Distancia de Carga Horizontal (HM); el Factor de Altura (VM); el Factor de Desplazamiento Vertical (DM); el Factor de Ángulo de Asimetría (AM); el Factor de Frecuencia (FM); el Factor de Calidad de Agarre (CM). Luego se determina el Índice de Levantamiento comparando la carga levantada en relación con el Límite de Peso Recomendado. Cuando el Índice de Levantamiento es mayor a 3 muestra un nivel inaceptable de riesgo disergonómico y debe ser rediseñado (Valois y Rivera, 2019).

NOTAS (AGRADECIMIENTOS)

En esta significativa etapa de nuestras vidas, queremos expresar nuestra más profunda gratitud a quienes han sido pilares fundamentales en nuestro camino hacia el logro de este importante hito académico.

A nuestros queridos padres, cuya guía y amor incondicional han sido la luz en nuestro camino, les dedicamos con profundo agradecimiento este logro. Sus enseñanzas y ejemplos han sido el cimiento de nuestra determinación y éxito.

A nuestro asesor, Carlos Augusto Lizárraga Portugal y al profesor Juan Carlos Quiroz Flores, les extendemos nuestro sincero agradecimiento por su invaluable orientación y apoyo constante. Su sabiduría y paciencia han sido fundamentales en la culminación de esta tesis.

Y a nuestra universidad, le agradecemos por brindarnos un ambiente académico enriquecedor y por ser el escenario donde hemos crecido profesional y personalmente.

Este trabajo es un tributo a cada uno de ustedes, quienes han sido esenciales en nuestro viaje académico y en la realización de este sueño.



REFERENCIAS

- Adiyanto, O., Effendi, M., Jaafar, R., Abd Razak, J., Faishal, M., Mulaicin, M., & Akramin Mohamad, N. (2021). Integrated self-report and observational risk assessment for work-related musculoskeletal disorder in small and medium enterprises. *Engineering and Applied Science Research (EASR)*, 49, 73–80. <https://doi.org/10.14456/easr.2022.8>
- Andrés, C. & Guarch, J. (2001). Aplicación de metodologías de Evaluación ergonómica de puestos de trabajo en la planta de carrocerías de Ford España S.A. *4º Congreso de Ingeniería de Organización, Sevilla*. <http://hdl.handle.net/11441/46630>
- Asensio-Cuesta, S., Bastante, M.J. & Diego, J.A. (2012). *Evaluación ergonómica de puestos de trabajo*. <https://books.google.com.pe/books?id=v5kFfWOUh5oC&printsec=frontcover#v=onepage&q=reba&f=false>
- Bispo, L., Moreno C., Silva, G., Albuquerque, N., & Silva, J. (2022). Risk factors for work-related musculoskeletal disorders: A study in the inner regions of alagoas and bahía, *Safety Science*, 153. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105804>
- Congreso de la República. (2011). *Ley No. 29783, Ley de seguridad y salud en el trabajo*. Diario Oficial El Peruano del 20 de agosto de 2011. <https://www.munlima.gob.pe/images/descargas/Seguridad-Salud-en-el-Trabajo/Ley%2029783%20-%20Ley%20de%20Seguridad%20y%20Salud%20en%20el%20Trabajo.pdf>
- De Luca, K., Briggs, A., French, S., Ferreira, M., Cross, M., Blyth, F., & March, L. (2022). Disability burden due to musculoskeletal conditions and low back pain in Australia: findings from GBD 2019, *Chiropractic & Manual Therapies*, 30(22). <https://doi.org/10.1186/s12998-022-00434-4>
- García, M., Sánchez, A. & Sebastian, M. (2011). Aplicaciones ergonómicas como herramienta de mejora de la actividad proyectual de procesos de producción. *15º Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos, Huesca*. <http://dspace.aepro.com/xmlui/handle/123456789/1487>
- Hignett S, & McAtamney L. (2000). Rapid entire body assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31(2), 201-205. [https://doi.org/10.1016/s0003-6870\(99\)00039-3](https://doi.org/10.1016/s0003-6870(99)00039-3).
- Kuorinka, I., Jonsson, B., Kilbom, A., Vinterberg, H., Biering-Sorensen, F., Andersson, G., & Jorgensen, K. (1987). Standardised Nordic questionnaires for the análisis of musculoskeletal symptoms. *Applied Ergonomics*, 18 (3), 233-237. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(87\)90010-x](https://doi.org/10.1016/0003-6870(87)90010-x)
- Lin, P., Chen, Y., Chen, W. & Lee, Y. (2022). Automatic real-time occupational posture evaluation and select corresponding ergonomic assessments. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05812-9>

- Macdonald, M. & Oakman, J. (2022). The 8tone8mi with “8tone8mics injuries”: What can ergonomists do?. *Applied Ergonomics*, 103. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2022.103774>.
- Medina-Chacón, E. R. (2020). Evaluation of disergonomic risks in small and medium-size enterprises (SMEs) in Bogotá. *Grupo de Investigación GINTECPRO*, 87(213), 98–104. <https://doi.org/10.15446/dyna.v87n213.83207>
- Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. (2008). *Resolución Ministerial 375-2008-TR del 18 de noviembre de 2008. Aprueban la “Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico”*. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/472126/RM_375-2008-TR.pdf?v=1578090277
- Rajendran, M., Sajeev, A., Shanmugavel, R. & Rajpradeesh, T. (2020). Ergonomic evaluation of workers during manual material handling. *Materials Today: Proceedings*, 46(17), 7770-7776. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.283>.
- Smith, T., Balogun, A., & Dillman, A. (2022). Management perspectives on musculoskeletal disorder risk factors and protective safety resources within the 8tone, sand, and gravel mining industry. *Workplace Health and Safety*, 70(5), 242-250. <https://doi-org.ezproxy.ulima.edu.pe/10.1177%2F21650799221089196>
- Torres, Y., & Rodríguez, Y. (2021). Surgimiento y evolución de la ergonomía como disciplina: reflexiones sobre la escuela de los factores humanos y la escuela de la ergonomía de la actividad, *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 39(2). <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.e342868>
- Vachinska, S., Markova, V. & Ganchev, T. (2022). A Risk Assessment Study on Musculoskeletal Disorders in Computer Users Based on A Modified Nordic Musculoskeletal Questionnaire. *Contemporary Methods in Bioinformatics and Biomedicine and Their Applications*, 374, 433-444. https://doi-org.ezproxy.ulima.edu.pe/10.1007/978-3-030-96638-6_45
- Valois, M. & Rivera, J. (2019). Guía practica para la aplicación de la ecuación de NIOSH en el dolor lumbar. *Universidad Santiago de Cali*, 1(2), 1-7. <https://repository.usc.edu.co/handle/20.500.12421/1825>
- Vernaza-Pinzón, P. & Sierra-Torres, C. (2005). Dolor Músculo-Esquelético y su asociación con Factores de Riesgo Ergonómicos, en trabajadores administrativos. *Revista de Salud Pública*, 7(3), 317-326. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/revsaludpublica/article/view/96035>

ANEXOS

Datos del artículo publicado

- **Nombre del artículo:** Dysergonomic Risk Management Model to improve welding productivity using the Nordic Questionnaire and the REBA and NIOSH methods: Case of the metal-mechanic sector in Lima, Peru
- **Autores:** Andrea Fernanda Lara Lezcano; Sebastian Pizarro Vásquez
- **Co autor(es):** Carlos Augusto Lizárraga Portugal; Juan Carlos Quiroz Flores

Presentación en congreso

- **Nombre del congreso:** 3rd Asia Pacific International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Johor Bahru, Malaysia
- **Organizador:** IEOM Society International
- **Sede:** Johor Bahru, Malaysia
- **Año:** 2022
- **ISBN:** 978-1-7923-9162-0
- **ISSN/E-ISSN:** 2169-8767
- **Enlace web:** <https://doi.org/10.46254/AP03.20220423>

9% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...




Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado

Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 4%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.